

Docket No.: P-0590

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Dong-Hi SIM and Bong Hoe KIM

Serial No.: 10/674,436

Confirm. No.: To be assigned

Filed: October 1, 2003

: Customer No.: 34610

For: SPACE-TIME TRANSMIT DIVERSITY (STTD) FOR MULTIPLE
ANTENNAS IN RADIO COMMUNICATIONS



TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

U.S. Patent and Trademark Office
2011 South Clark Place
Customer Window
Crystal Plaza Two, Lobby, Room 1B03
Arlington, Virginia 22202

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the
following application:

Korean Patent Application No. 60230/2002 filed October 2, 2002.

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,
FLESHNER & KIM, LLP

Daniel Y.J. Kim
Registration No. 36,186

P.O. Box 221200
Chantilly, Virginia 20153-1200
703 502-9440 DYK/dak
Date: October 20, 2003

Please direct all correspondence to Customer Number 34610

\\fk4\Documents\2000\2000-691\15385.wpd

대한민국특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

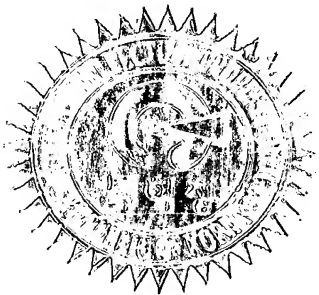
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0060230
Application Number

출원년월일 : 2002년 10월 02일
Date of Application OCT 02, 2002

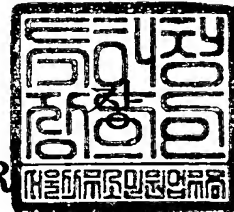
출원인 : 엘지전자 주식회사
Applicant(s) LG Electronics Inc.



2003 년 09 월 22 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2002.10.02
【국제특허분류】	H04B
【발명의 명칭】	다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법
【발명의 영문명칭】	Signal Processing Method of Multi Input, Multi Output Mobile Communication System
【출원인】	
【명칭】	엘지전자 주식회사
【출원인코드】	1-2002-012840-3
【대리인】	
【성명】	허용록
【대리인코드】	9-1998-000616-9
【포괄위임등록번호】	2002-027042-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	심동희
【성명의 영문표기】	SIM,Dong Hi
【주민등록번호】	740105-1691416
【우편번호】	425-734
【주소】	경기도 안산시 본오동 주공아파트 111-204
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김봉회
【성명의 영문표기】	KIM,Bong Hoe
【주민등록번호】	700227-1018712
【우편번호】	425-180
【주소】	경기도 안산시 본오동 주공아파트 111동 204호
【국적】	KR
【심사청구】	청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
허용록 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 3 면 3,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 7 항 333,000 원

【합계】 365,000 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명에 의한 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법은, 다수개의 송신 안테나를 통해 심볼을 전송하는 페루프 시공간 전송 다이버시티 방법에 있어서, 각각의 송신 안테나에서 전송될 각 심볼이 시공간 전송 다이버시티 코딩되며, 코딩된 각 심볼이 일정한 그룹으로 묶이고, 상기 심볼에 웨이트 벡터가 곱해져서 전송되는 단계와; 상기 웨이트 벡터와 동일한 값으로 전송된 각 신호들을 디코딩하는 단계와; 상기 디코딩된 신호들을 통해 실제 송신 안테나에서 전송되는 심볼들을 검출하는 단계로 이루어짐을 특징으로 한다.

본 발명에 의하면, 기존 시공간 다이버시티 시스템에서 안테나 각각에 수신단으로부터 귀환되는 웨이트 값을 곱해서 전송하는 페루프 시스템으로 연장함에 의해 시공간 전송 다이버시티의 이득에 페루프 시스템의 이득이 더하여져 통신 품질이 향상되는 장점이 있다.

【대표도】

도 3

【명세서】**【발명의 명칭】**

다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법{Signal Processing Method of Multi Input, Multi Output Mobile Communication System}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 4개의 안테나를 사용하는 STTD 시스템의 송신단.

도 2은 종래의 페루프 STTD 시스템을 나타내는 구성도.

도 3은 본 발명에 의한 페루프 STTD 시스템을 나타내는 구성도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

300 : 송신단 310 : STTD 인코더

320 : 송신 안테나 330 : 수신단

340, 340' : 웨이트 곱셈부 350, 350' : 변형된 STTD 디코더

360 : 웨이트 계산부 370 : 수신 안테나

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<9> 본 발명은 다수의 안테나를 송신단과 수신단에서 공히 사용하는 다중입력, 다중출력 시스템(이하 MIMO 시스템이라 약칭함)이라는 통신 시스템에서의 송/수신단의 신호 처리 방법에 관한 것이다.

- <10> 현재 3GPP(Third Generation Partnership Project) 내의 개루프 송신 다이버시티 (Diversity) 기법으로는 시공간 전송 다이버시티(STTD :Space Time Transmit Diversity, 이하 STTD라 칭하기로 함) 방법이 채택되어 있다.
- <11> STTD 방법이란 시간축 상에서 주로 적용되었던 채널 부호화(channel coding) 기법을 공간 상으로 확장시킨 시공간 부호화(Space-Time coding)를 통해 다이버시티 효과를 얻기 위한 기술이다.
- <12> 종래의 STTD는 2개의 안테나를 사용하여 그 2개의 안테나에서 전송되는 심볼들 간의 시공간 상의 간단한 코딩을 통해 시간적인 다이버시티 이득 뿐만 아니라 공간적인 다이버시티 이득도 얻도록 구성된다.
- <13> 이러한 종래 기술에는 2개의 안테나로 전송되는 심볼 간의 코딩을 위해 시공간 코딩 블록을 구비하여 구성되며, 상기 STTD의 동작원리는 표 1을 통해 설명되어 진다.

<14> 【표 1】

2개 안테나의 STTD 인코딩과 전송순서 (T: 심볼주기)

	Time t	Time t + T
Antenna 0	s_1	s_2
Antenna 1	$-s_2^*$	s_1^*

- <15> 표 1과 같이 송신될 심볼은 STTD 인코딩되고 시간 순서에 따라 안테나 1, 2로 각각 송신된다. 각각의 안테나로 송신된 신호는 서로 다른 독립적인 채널을 거치게 되고, 시간 t에서의 채널과 t+T에서의 채널이 같다고 가정할 경우 수신 안테나 단에서는 다음과 같이 수신된다.

<16> (수학식 1)

<17>
$$r_1 = r(t) = h_1 s_1 - h_2 s_2^* + n_1$$

<18>
$$r_2 = r(t+T) = h_1 s_2 + h_2 s_1^* + n_2$$

<19> 여기서 $h_1 = \alpha_1 e^{j\theta_1}$, $h_2 = \alpha_2 e^{j\theta_2}$ 는 각각 송신 안테나 1, 2와 수신 안테나 간의 채널을 의미하며, n_1 , n_2 는 수신단에서의 복소 잡음을 의미한다. 각각의 채널은 파일럿 신호로 추정이 가능하며, 수신신호를 다음과 같이 결합을 하게 되면 수신 다이버시티의 MRC(Maximum Ratio Combining)방법과 같은 값을 얻을 수 있고 이를 바탕으로 송신된 심볼을 추정할 수 있게 된다.

<20> (수학식 2)

$$\hat{s}_1 = h_1^* r_1 + h_2^* r_2 = (\alpha_1^2 + \alpha_2^2) s_1 + h_1^* n_1 + h_2^* n_2$$

$$\hat{s}_2 = h_1^* r_2 - h_2^* r_1 = (\alpha_1^2 + \alpha_2^2) s_2 + h_1^* n_2 - h_2^* n_1$$

<23> 또한, 상기 STTD는 4개의 안테나를 사용하여 전송되는 심볼들 간의 시공간 상의 코딩을 통해 시간적인 다이버시티 이득 뿐만 아니라 공간적인 다이버시티 이득도 얻도록 구성될 수도 있다.

<24> 도 1은 4개의 안테나를 사용하는 STTD 시스템의 송신단을 도시한 것이다.

<25> 도 1을 참조하여 4개의 안테나(A_1 , A_2 , A_3 , A_4)를 사용하는 STTD 시스템 송신단을 동작을 설명하면 다음과 같다. 단, 도 1에서의 α 및 κ 는 소정의 게인(gain)을 의미하는 것이며, 이하에서는 설명의 편의를 위하여 이를 1로 가정한다.

<26> 상기 송신단에 입력되는 신호가 $\mathbf{x} = [s_1 s_2 s_3 s_4]^T$ 일 때, 상기 심볼들은 STTD 인코더(110)에 의해 인코딩되고, 시간 순서에 따라 상기 4개의 안테나를 통해 송신된다.

<27> 상기 STTD 인코더(110)를 거친 뒤 송신되는 심볼에 대해서 상세히 설명하면, 소정의 시간 t 에서 각 안테나를 통해 송신되는 신호는 각각 A_1 안테나에서 s_1 , A_2 안테나에서 $e^{j\theta_1} s_1$, A_3

안테나에서 $-s_2^*$, A4안테나에서 $-e^{j\phi_2}s_2^*$ 이며, 이는 상기 안테나 A2 및 A4가 각각 A1 및 A3에서 송신되는 신호의 ϕ_1 및 ϕ_2 만큼의 위상차가 있는 신호를 송신시키기 때문이다.

<28> 이와 마찬가지로 $t+T$ (T : 심볼주기)에서 각 안테나를 통해 송신되는 신호는 각각 A1안테나에서 s_2 , A2안테나에서 $e^{j\phi_1}s_2$, A3안테나에서 s_1^* , A4안테나에서 $e^{j\phi_1}s_1^*$ 가 되는 것이며, $t+2T$ 에서는 각각 A1안테나에서 s_3 , A2안테나에서 $e^{j\phi_1}s_3$, A3안테나에서 $-s_4^*$, A4안테나에서 $-e^{j\phi_2}s_4^*$ 가 되고, $t+3T$ 에서는 각각 A1안테나에서 s_4 , A2안테나에서 $e^{j\phi_1}s_4$, A3안테나에서 s_3^* , A4안테나에서 $e^{j\phi_2}s_3^*$ 가 된다.

<29> 상기 각 안테나에서 소정의 시간 간격별로 송신되는 신호를 정리하면 수학적 식 3과 같이 표현할 수 있으며, 이 때 각각의 칼럼은 각 시간에 A1, A2, A3, A4안테나에서 송신되는 심볼을 나타낸다.

<30> (수학적 식 3)

$$\begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 \\ e^{j\phi_1}s_1 & e^{j\phi_1}s_2 & e^{j\phi_1}s_3 & e^{j\phi_1}s_4 \\ -s_2^* & s_1^* & -s_4^* & s_3^* \\ -e^{j\phi_2}s_2^* & e^{j\phi_2}s_1^* & -e^{j\phi_2}s_4^* & e^{j\phi_2}s_3^* \end{bmatrix}$$

<32> 다음으로 하나의 안테나를 가진 수신단을 가정할 경우 4개의 심볼 구간 동안 수신되는 신호를 차례대로 표현하면 다음과 같다.

<33> (수학적 식 4)

$$\text{<34> } r_1 = (h_1 + h_2 e^{j\phi_1})s_1 - (h_3 + h_4 e^{j\phi_2})s_2^* + n_1$$

$$\text{<35> } r_2 = (h_1 + h_2 e^{j\phi_1})s_2 + (h_3 + h_4 e^{j\phi_2})s_1^* + n_2$$

$$<36> \quad r_3 = (h_1 + h_2 e^{j\theta})s_3 - (h_3 + h_4 e^{j\theta})s_4^* + n_3$$

$$<37> \quad r_4 = (h_1 + h_2 e^{j\theta})s_4 + (h_3 + h_4 e^{j\theta})s_3^* + n_4$$

<38> 여기서 h_1, h_2, h_3, h_4 는 각각 송신 안테나 A_1, A_2, A_3, A_4 와 수신 안테나 간의 채널을 의미하며, n_1, n_2, n_3, n_4 는 수신단에서의 복소 잡음을 의미한다. 또한, 상기에서 설명한 바와 같이 각각의 채널은 파일럿 신호로 추정이 가능하며, 수신신호를 다음과 같이 결합을 하게 되면 수신 다이버시티의 MRC(Maximum Ratio Combining)방법과 같은 값을 얻을 수 있고 이를 바탕으로 송신된 심볼을 추정할 수 있게 된다.

<39> 또한, 상기 식에서 $a = (h_1 + h_2 e^{j\theta})$ 및 $b = (h_3 + h_4 e^{j\theta})$ 로 치환하면 4개의 심볼 구간 동안 수신되는 신호는 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

<40> (수학식 5)

$$<41> \quad r_1 = as_1 - bs_2^* + n_1$$

$$<42> \quad r_2 = as_2 + bs_1^* + n_2$$

$$<43> \quad r_3 = as_3 - bs_4^* + n_3$$

$$<44> \quad r_4 = as_4 + bs_3^* + n_4$$

<45> 이로부터 송신단에서 송신한 심볼을 추정하는 과정은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

<46> (수학식 6)

$$<47> \quad \tilde{s}_1 = a^* r_1 + b r_2^* = (a^2 + b^2)s_1 + a^* n_1 + b n_2^*$$

$$<48> \quad \tilde{s}_2 = a^* r_2 - b r_1^* = (a^2 + b^2)s_2 + a^* n_2 - b n_1^*$$

<49> $\tilde{s}_3 = a^* r_3 + b r_4^* = (a^2 + b^2) s_3 + a^* n_3 + b n_4^*$

<50> $\tilde{s}_4 = a^* r_4 - b r_3^* = (a^2 + b^2) s_4 + a^* n_4 - b n_3^*$

<51> 다만, 이러한 상기 STTD 기법은 단말기의 이동 속도가 빠른 경우에 그 성능이 좋으며, 반대로 단말기의 이동 속도가 느릴 경우에는 그 성능이 저하되는 단점이 있다. 이에 반해 페루프 통신 시스템의 경우 수신단에서 송신단으로 일정한 정보를 귀환하는 것으로 단말기의 이동 속도가 느린 경우에 시스템의 성능이 향상된다.

<52> 이러한 특성에 의해 페루프 STTD 방법이 이용되는데, 이는 단말기의 이동속도가 저속인 경우와 고속의 경우에 모두 일정한 성능을 나타낼 수 있는 장점이 있다.

<53> 도 2은 종래의 페루프 STTD 시스템을 나타내는 구성도이다.

<54> 도 2을 참조하여 종래의 페루프 STTD 시스템의 구성 및 작용을 설명하면 다음과 같다. 단, 도 2에서는 송신단의 안테나 수가 2개, 수신단의 안테나 수가 1개인 시스템을 가정한다.

<55> 종래의 페루프 STTD 시스템은 STTD 인코더(110)와 웨이트가 곱해지는 수단 및 2개의 송신 안테나(120)로 이루어진 송신단(100)과, STTD 디코더(140)와 간섭 제거 수단(cross interference conversion)(150), 웨이트 계산부(160) 및 1개의 수신 안테나(170)로 이루어진 수신단(130)으로 구성된다.

<56> 종래의 페루프 STTD를 사용할 경우 하나의 수신안테나를 가진 수신단에서 두 심볼 구간 동안 수신되는 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 이 때 r_1 과 r_2 는 두 심볼 구간 동안 수신된 신호를 나타낸 것이다.

<57> (수학식 7)

<58>
$$r_1 = w_1 h_1 S_1 - w_2 h_2 S_2^* + n_1$$

<59>
$$r_2 = w_1 h_1 S_2 + w_2 h_2 S_1^* + n_2$$

<60> 이 때 S_1 과 S_2 는 실제 송신 안테나에서 전송하고자 한 데이터 심볼을 나타내고 n_1 과 n_2 는 각 수신 심볼 구간동안 수신단에 추가된 잡음 성분을 나타낸다.

<61> 또한, $h_1 = \alpha_1 e^{j\theta_1}$, $h_2 = \alpha_2 e^{j\theta_2}$ 는 상기에서 설명한 바와 같이 각각 송신 안테나 1, 2와 수신 안테나 간의 채널을 의미한다.

<62> 수신단에서는 일단 일반적인 STTD decoding을 실시하게 되는데 그것을 다음과 같이 나타낼 수 있다. 이 때 s_1 과 s_2 는 STTD decoding을 거친 후의 두 심볼 구간 동안의 신호를 각각 나타낸다.

<63> (수학식 8)

<64>
$$s_1 = h_1^* r_1 + h_2^* r_2^* = (w_1 |h_1|^2 + w_2 |h_2|^2) S_1 + (w_1 - w_2) h_1^* h_2 S_2^* + (h_1^* n_1 + h_2^* n_2)$$

<65>
$$s_2 = h_1^* r_2 - h_2^* r_1^* = (w_1 |h_1|^2 + w_2 |h_2|^2) S_2 + (w_2 - w_1) h_1^* h_2 S_1^* + (h_1^* n_2 - h_2^* n_1)$$

<66> 여기서

<67>
$$A = (w_1 |h_1|^2 + w_2 |h_2|^2)$$

<68>
$$B = (w_1 - w_2) h_1^* h_2$$

<69>
$$C_1 = (h_1^* n_1 + h_2^* n_2)$$

<70>
$$C_2 = (h_1^* n_2 - h_2^* n_1)$$

<71> 와 같이 치환하면 수학식 8은 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

<72> (수학식 9)

<73> $s_1 = AS_1 + BS_2^* + C_1$

<74> $s_2 = AS_2 - BS_1^* + C_2$

<75> 여기서 원래 송신단에서 전송하고자 한 심볼을 추정하기 위해 다음과 같은 신호 처리를 한 번 더 거친다. 여기서 \hat{s}_1 과 \hat{s}_2 는 일련의 신호 처리를 거친 후 수신단에서 추정된 송신 심볼을 나타낸다.

<76> (수학식 10)

<77> $\hat{s}_1 = A^* s_1 - B s_2^* = (|A|^2 + |B|^2)S_1 + (A^* C_1 - B C_2^*)$

<78> $\hat{s}_2 = A^* s_2 + B s_1^* = (|A|^2 + |B|^2)S_2 + (A^* C_2 + B C_1^*)$

<79> 기존에 제안된 방법은 수신단에서

<80> $A = (w_1 |h_1|^2 + w_2 |h_2|^2)$

<81> 를 최대화하는 웨이트 벡터를 계산하였는데 이것은 $w_1 = \sqrt{1 - w_2^2}$ 의 성질 ($w_1^2 + w_2^2 = 1$ 로 부터) 및 $\frac{dA}{dw_2} = 0$ 의 성질을 이용하여 각각 다음과 같은 웨이트 값을 유도하였다.

<82> (수학식 11)

<83> $w_1 = \frac{|h_1|^2}{\sqrt{|h_1|^4 + |h_2|^4}}, w_2 = \frac{|h_2|^2}{\sqrt{|h_1|^4 + |h_2|^4}}$

<84> 이렇게 웨이트를 계산한 이유는 수학식 10에서와 같이 각 심볼의 파워를 결정하는 데 A의 값이 가장 주요하게 영향을 미치기 때문이다.

<85> 그러나, 종래의 페루프 STTD 방법의 웨이트 계산 방법은 수신단의 추정된 심볼의 파워를 최대화하는 optimal한 웨이트 벡터를 유도한 것은 아니다.

<86> 즉, 상기 수신단에서 추정된 심볼의 파워를 최대화하려면 원칙적으로 ($|A|^2 + |B|^2$)를 최대화하는 웨이트 벡터를 계산하여야 하는데, 종래의 방법에 의하면 이를 최대화하기 위한 것이 아니라 A를 최대화하는 것을 통하여 웨이트를 구하는 것에 불과한 것이다.

<87> 또한, 상기 페루프 STTD 시스템의 경우 송신 안테나의 수가 2개인 시스템인 경우이며, 송신 안테나의 수가 4개인 경우에는 상기 방식을 그대로 적용할 수 없다는 단점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<88> 본 발명은 페루프 STTD 시스템에 있어서 다수의 안테나를 통해 전송되는 신호를 그룹화하여 수신하고, 전송되는 심볼에 곱해지는 웨이트 값과 동일한 웨이트 벡터를 사용하여 중간 수신 신호를 계산한 후 그 값을 이용하여 최종 송신 심볼을 추정하는 수신단을 구성함으로써 종래 기술에 비해 향상된 성능이 구현되는 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<89> 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 의한 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법은, 다수개의 송신 안테나를 통해 심볼을 전송하는 페루프 시공간 전송 다이버시티 방법에 있어서, 각각의 송신 안테나에서 전송될 각 심볼이 시공간 전송 다이버시티 코딩되며, 코딩된 각 심볼이 일정한 그룹으로 묶이고, 상기 심볼에 웨이트 벡터가 곱해져서 전송되는 단계와; 상기 웨이트 벡터와 동일한 값으로 전송된 각 신호들을 디코딩하는 단계와; 상기 디코딩된 신호들을 통해 실제 송신 안테나에서 전송되는 심볼들을 검출하는 단계로 이루어짐을 특징으로 한다.

- <90> 또한, 상기 송신 안테나의 수가 4개이고, 수신 안테나의 수가 1개이며, 상기 일정한 그룹은 소정의 심볼과 상기 심볼에 위상천이된 심볼이 포함되어 이루어지는 것이고, 상기 동일한 그룹에 속하는 각 안테나에서 전송되는 각각의 심볼에 있어서는 동일한 웨이트 벡터가 곱해지는 것을 특징으로 한다.
- <91> 또한, 상기 웨이트 벡터는 수신단에서 귀환되는 채널 행렬의 최대 고유치에 해당하는 고유 벡터이며, 상기 채널 행렬은, 다수의 송신안테나와 수신안테나 간의 채널들에 있어, 동일한 그룹으로 묶여지는 송신 안테나에 의한 채널들에 대해서 하나의 채널로 치환하여 상기 치환된 채널만으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- <92> 또한, 상기 전송된 각 신호들을 디코딩함에 있어, 상기 신호 중 소정의 심볼을 포함하는 신호와 상기 소정의 심볼의 곱레값을 포함하는 다른 신호를 하나의 그룹으로 하여 디코딩하는 것을 특징으로 한다.
- <93> 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 의한 실시예를 상세히 설명하도록 한다. 도 3은 본 발명에 의한 페루프 STTD 시스템을 나타내는 구성도이다. 단, 송신 안테나의 수는 4개, 수신 안테나의 수는 1개를 가정하며, 또한 도 3에서의 α 및 β 는 소정의 게인(gain)을 의미하는 것이고, 이하에서는 설명의 편의를 위하여 이를 1로 가정한다.
- <94> 본 발명에 의한 페루프 STTD 시스템은 STTD 인코더(310)와 게인(gain), 웨이트(weight), 위상천이가 각각 곱해지는 수단 및 4개의 송신 안테나(320)로 이루어진 송신단(300)과, 2개의 웨이트 곱셈부(340, 340') 및 2개의 변형된 STTD 디코딩부(350, 350') 및 웨이트 계산부(360) 및 1개의 수신 안테나(370)으로 이루어진 수신단(330)으로 구성된다.

- <95> 또한, 도 3에서의 페루프 STTD 시스템에서의 송신단과 도 1의 개루프 STTD 시스템의 송신단은 그 구성 및 동작에 있어 유사하나, 상기 페루프 STTD 시스템의 경우 수신단에서 귀환(feed back)되는 웨이트 벡터가 각 송신 안테나에서 전송되는 심볼에 미리 곱해져서 전송되는 점에서 그 특징이 있다.
- <96> 도 3을 참조하여 4개의 안테나(A_1, A_2, A_3, A_4)를 사용하는 페루프 STTD 시스템 송신단(300)을 동작을 설명하면 다음과 같다.
- <97> 상기 송신단(300)에 입력되는 신호가 $\mathbf{x} = [s_1 s_2 s_3 s_4]^T$ 일 때, 상기 심볼들은 STTD 인코더(310)에 의해 인코딩되고, 시간 순서에 따라 상기 4개의 안테나(320)를 통해 송신된다. 다만, 이 경우 상기 심볼이 각각의 안테나에서 송신되기 전에 수신단에서 귀환된 웨이트 벡터가 각 심볼에 곱해지게 된다.
- <98> 상기 STTD 인코더(310)를 거치고, 상기 웨이트 벡터가 곱해져서 송신되는 심볼에 대해서 상세히 설명하면, 소정의 시간 t 에서 각 안테나를 통해 송신되는 신호는 각각 A_1 안테나에서 $s_1 w_1$, A_2 안테나에서 $e^{j\phi_1} s_1 w_1$, A_3 안테나에서 $-s_2^* w_2$, A_4 안테나에서 $-e^{j\phi_2} s_2^* w_2$ 이며, 이는 상기 안테나 A_2 및 A_4 가 각각 A_1 및 A_3 에서 송신되는 신호의 ϕ_1 및 ϕ_2 만큼의 위상차가 있는 신호를 송신시키기 때문이다.
- <99> 이와 마찬가지로 $t+T$ (T : 심볼주기)에서 각 안테나를 통해 송신되는 신호는 각각 A_1 안테나에서 $s_2 w_1$, A_2 안테나에서 $e^{j\phi_1} s_2 w_1$, A_3 안테나에서 $s_1^* w_2$, A_4 안테나에서 $e^{j\phi_2} s_1^* w_2$ 가 되는 것이며, $t+2T$ 에서는 각각 A_1 안테나에서 $s_3 w_1$, A_2 안테나에서 $e^{j\phi_1} s_3 w_1$, A_3 안테나에서 $-s_4^* w_2$, A_4 안테나에서 $-e^{j\phi_2} s_4^* w_2$ 가 되고, $t+3T$ 에서는 각각 A_1 안테나에서 $s_4 w_1$, A_2 안테나에서 $e^{j\phi_1} s_4 w_1$, A_3 안테나에서 $s_3^* w_2$, A_4 안테나에서 $e^{j\phi_2} s_3^* w_2$ 가 된다.

- <100> 상기와 같이 4개의 송신 안테나(320)를 위해 제안된 STTD 시스템에 있어 각 심볼 수신 구간 동안 4개의 송신 안테나에서 송신되는 신호를 2개의 그룹으로 묶어서 생각할 수 있는데, 이는 한 심볼과 상기 한 심볼의 위상천이된 심볼, 그리고 다른 심볼과 상기 다른 심볼의 위상천이된 심볼을 하나의 그룹으로 각각 묶어서 생각할 수 있기 때문이다.
- <101> 즉, 시간 t 에서 볼 때 s_1 및 $e^{j\theta} s_1$ 이 각각 전송되는 안테나 A_1 과 A_2 가 하나의 그룹을 이루며, 이와 마찬가지로 안테나 A_3 과 A_4 가 다른 하나의 그룹을 이룬다.
- <102> 결국 4개의 송신 안테나를 사용하지만, 실제 한 심볼 구간동안 전송되는 심볼의 수는 2개이므로, 4개의 안테나에 의해 전송되는 신호를 2개의 그룹으로 생각하여 2개의 웨이트 벡터를 곱하는 시스템을 생각할 수 있으며, 이에 따라 도 3에서의 각 안테나에 곱해지는 웨이트 벡터가 w_1, w_2 2개만 존재하는 것이다.
- <103> 다음으로는 본 발명에 의한 페루프 STTD 시스템의 수신단(330)의 동작에 대해 설명하도록 한다.
- <104> 상기 본 발명에 의한 페루프 STTD 시스템의 수신단(330)에서는 우선 송신단에서 송신할 때 사용한 웨이트 값과 같은 웨이트 벡터 값을 사용하여 중간 수신 신호를 계산한 후, 그 값을 이용 최종 송신 심볼을 추정하게 되며, 이는 실험적으로 우선 웨이트 벡터를 적절히 다시 곱하는 단계를 실시한 후 최종적으로 송신 심볼을 추정하는 것이 더 나은 성능을 나타내므로 웨이트 벡터를 적절히 다시 곱하는 단계 후, 최종적으로 송신 심볼을 추정하는 것이다.
- <105> 도 3을 참조하여 본 발명에 의한 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법을 설명하면 다음과 같다.

<106> 도 3에 의해 전송된 신호를 하나의 안테나(370)를 가진 수신단에서 수신하는 경우 4개의 심볼 구간 동안 수신되는 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있으며, 이 때 r_1, r_2, r_3, r_4 는 4개의 심볼 구간 동안 수신된 신호를 나타낸 것이다.

<107> (수학식 12)

$$<108> \quad r_1 = w_1(h_1 + h_2 e^{j\theta_1})s_1 - w_2(h_3 + h_4 e^{j\theta_2})s_2^* + n_1$$

$$<109> \quad r_2 = w_1(h_1 + h_2 e^{j\theta_1})s_2 + w_2(h_3 + h_4 e^{j\theta_2})s_1^* + n_2$$

$$<110> \quad r_3 = w_1(h_1 + h_2 e^{j\theta_1})s_3 - w_2(h_3 + h_4 e^{j\theta_2})s_4^* + n_3$$

$$<111> \quad r_4 = w_1(h_1 + h_2 e^{j\theta_1})s_4 + w_2(h_3 + h_4 e^{j\theta_2})s_3^* + n_4$$

<112> 여기서, s_1, s_2, s_3, s_4 는 실제 송신 안테나에서 전송하고자 한 데이터 심볼을 나타내고 n_1, n_2, n_3, n_4 는 각 수신 심볼 구간동안 수신단에 추가된 잡음 성분을 나타내며, 또한 h_1, h_2, h_3, h_4 는 각각 송신 안테나 A_1, A_2, A_3, A_4 와 수신 안테나 간의 채널을 의미한다.

<113> 상기에서 설명한 바와 같이 각 심볼 구간 동안 4개의 송신 안테나에서 송신되는 신호를 2개의 그룹으로 묶어서 생각할 수 있기 때문에, 2개의 웨이트(w_1, w_2)만을 곱하는 시스템을 가정할 수 경우 위와 같이 수신 신호를 전개할 수 있다.

<114> 여기서, $a = (h_1 + h_2 e^{j\theta_1})$ 및 $b = (h_3 + h_4 e^{j\theta_2})$ 로 치환하면 수학식 12는,

<115> (수학식 13)

$$<116> \quad r_1 = w_1 a s_1 - w_2 b s_2^* + n_1$$

$$<117> \quad r_2 = w_1 a s_2 + w_2 b s_1^* + n_2$$

<118>
$$r_3 = w_1 a s_3 - w_2 b s_4^* + n_3$$

<119>
$$r_4 = w_1 a s_4 + w_2 b s_3^* + n_4$$

<120> 로 표현할 수 있다.

<121> 여기서, s_1 과 s_2 는 r_1 과 r_2 를 하나의 그룹으로 생각해서 추정할 수 있으며, s_3 과 s_4 는 r_3 과 r_4 를 하나의 그룹으로 생각해서 추정할 수 있는데 다음과 같이 그 과정을 정리할 수 있다. 본 발명에 있어서의 수신단에서는 종래 기술과는 다르게 일반적인 STTD decoding을 실시하는 것이 아니라 다른 방식으로 디코딩을 한다.

<122> 즉, 종래의 기술에 의하여 STTD 디코딩을 할 경우에는 수신된 신호에 송신 안테나 1, 2와 수신 안테나 간의 채널인 h_1, h_2 를 이용하지만, 본 발명에 있어서는 웨이트 벡터인 w_1, w_2 를 이용하여 다음과 같이 웨이트 벡터를 적절히 곱하는 단계를 우선 실시한다.

<123> 도 3에 도시된 수신단의 웨이트 곱셈부(weight multiplier)(340)에서 이러한 단계가 진행된다.

<124> (수학식 14)

<125>
$$z_1 = w_1^* r_1 + w_2^* r_2^* = (a |w_1|^2 + b^* |w_2|^2) S_1 + (a^* - b) w_1^* w_2^* S_2^* + (w_1^* n_1 + w_2^* n_2^*)$$

<126>
$$z_2 = w_1^* r_2 - w_2^* r_1^* = (a |w_1|^2 + b^* |w_2|^2) S_2 + (b - a^*) w_1^* w_2^* S_1^* + (w_1^* n_2 - w_2^* n_1^*)$$

<127> 이 때 z_1 과 z_2 는 웨이트 벡터를 다시 곱하는 단계를 실시한 후의 두 심볼 구간 동안의 신호를 각각 나타낸다.

<128> 여기서,

<129>
$$X = (a |w_1|^2 + b^* |w_2|^2)$$

<130>
$$Y = (a^* - b)w_1^*w_2$$

<131>
$$M_1 = (w_1^*n_1 + w_2^*n_2^*)$$

<132>
$$M_2 = (w_1^*n_2 - w_2^*n_1^*)$$

<133> 과 같이 치환하면 수학식 14는 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

<134> (수학식 15)

<135>
$$z_1 = XS_1 + YS_2^* + M_1$$

<136>
$$z_2 = XS_2 - YS_1^* + M_2$$

<137> 다음으로서는 원래 송신단에서 전송하고자 한 심볼을 추정하기 위해 다음과 같은 신호 처리를 한 번 더 거치며, 이러한 과정은 도 4에 도시된 수신단의 변형된 STTD 디코딩부(modified STTD decoder)(350)에서 수행된다.

<138> 여기서 \hat{s}_1 과 \hat{s}_2 는 일련의 신호 처리를 거친 후 수신단에서 추정된 송신 심볼을 나타낸다. 또한, z_1 과 z_2 로부터 \hat{s}_1 과 \hat{s}_2 를 구하는 과정은 기존의 STTD decoding 방법의 변형으로 그 과정은 유사하다고 볼 수 있다.

<139> (수학식 16)

<140>
$$\hat{s}_1 = X^*z_1 - Yz_2^* = (|X|^2 + |Y|^2)S_1 + (X^*M_1 - YM_2^*)$$

<141>
$$\hat{s}_2 = X^*z_2 + Yz_1^* = (|X|^2 + |Y|^2)S_2 + (X^*M_2 + YM_1^*)$$

<142> 상기와 같은 방법으로 s_3 과 s_4 는 r_3 과 r_4 를 하나의 그룹으로 생각해서 상기 웨이트 곱셈부(340') 및 변형된 STTD 디코딩부(350')를 통하여 추정할 수 있다.

13> 이 때 송신단으로 귀환되는 웨이트는 종래 기술과는 달리 다음과 같이 채널 행렬의 최대 고유치에 해당하는 고유 벡터로 선택한다. 채널 행렬의 최대 고유치에 해당하는 고유벡터는 다음과 같이 구할 수 있다.

14> (수학식 17)

$$15> \quad h = (a, b)^T$$

$$16> \quad R = hh^H$$

$$17> \quad R w = \lambda w$$

18> 이 때 $h = (a, b)^T$ 는 두 개의 그룹으로 묶은 채널 벡터로서, 상기 a와 b는 각각 과 을 의미한다. 또한, R은 채널 벡터의 자기 상관행렬, λ 와 w는 각각 자기 상관 행렬의 최대 고유치 및 최대 고유치에 해당하는 고유 벡터를 나타낸다.

19> 이러한 웨이트 벡터의 계산 및 검출은 도 2에 도시된 수신단의 웨이트 계산부(220)에서 이루어지며, 이를 도 3에 도시된 송신단으로 귀환시킨다.

【발명의 효과】

20> 이상의 설명에서와 같이 본 발명에 의한 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법에 의하면, 기존 시공간 다이버시티 시스템에서 안테나 각각에 수신단으로부터 귀환되는 웨이트 값을 곱해서 전송하는 페루프 시스템으로 연장함에 의해 시공간 전송 다이버시티의 이득에 페루프 시스템의 이득이 더하여져 통신 품질이 향상되는 장점이 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

다수개의 송신 안테나를 통해 심볼을 전송하는 페루프 시공간 전송 다이버시티 방법에 있어서,

각각의 송신 안테나에서 전송될 각 심볼이 시공간 전송 다이버시티 코딩되며, 코딩된 각 심볼이 일정한 그룹으로 묶이고, 상기 심볼에 웨이트 벡터가 곱해져서 전송되는 단계와,

상기 웨이트 벡터와 동일한 값으로 전송된 각 신호들을 디코딩하는 단계와,

상기 디코딩된 신호들을 통해 실제 송신 안테나에서 전송되는 심볼들을 검출하는 단계로 이루어짐을 특징으로 하는 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법.

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 송신 안테나의 수가 4개이고, 수신 안테나의 수가 1개인 것을 특징으로 하는 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법.

【청구항 3】

제 1항에 있어서,

상기 일정한 그룹은 소정의 심볼과 상기 심볼에 위상천이된 심볼이 포함되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법.

【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 동일한 그룹에 속하는 각 안테나에서 전송되는 각각의 심볼에 있어서는 동일한 웨이트 벡터가 곱해지는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

【청구항 5】

제 1항에 있어서,

상기 웨이트 벡터는 수신단에서 귀환되는 채널 행렬의 최대 고유치에 해당하는 고유 벡터임을 특징으로 하는 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법.

【청구항 6】

제 5항에 있어서,

상기 채널 행렬은, 다수의 송신안테나와 수신안테나 간의 채널들에 있어, 동일한 그룹으로 묶여지는 송신 안테나에 의한 채널들에 대해서 하나의 채널로 치환하여 상기 치환된 채널만으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법.

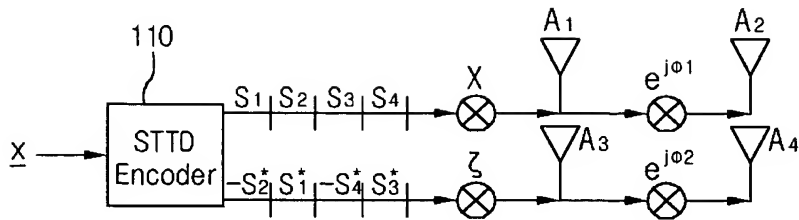
【청구항 7】

제 1항에 있어서,

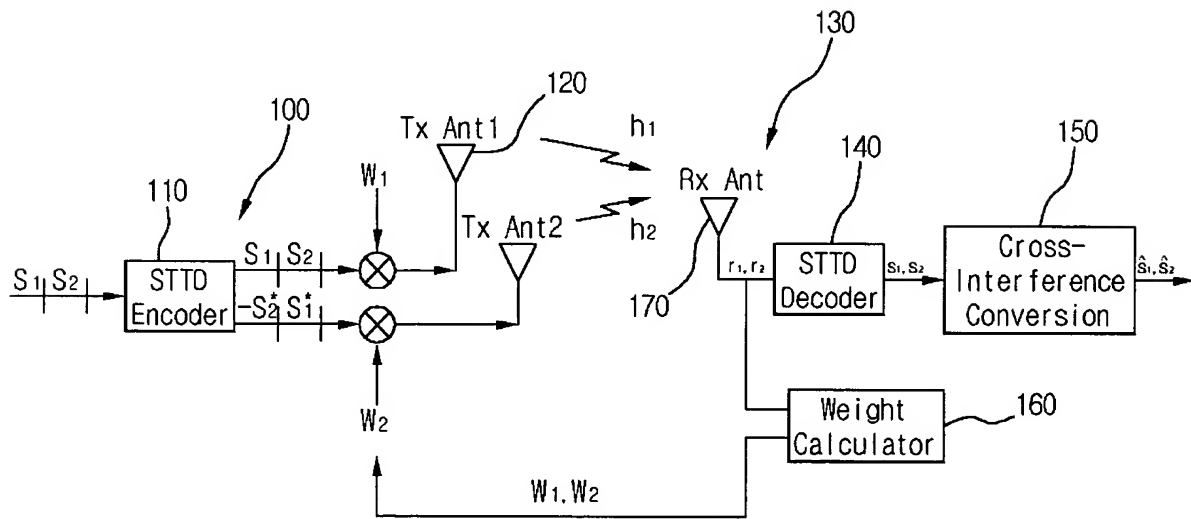
상기 전송된 각 신호들을 디코딩함에 있어, 상기 신호 중 소정의 심볼을 포함하는 신호와 상기 소정의 심볼의 컬레값을 포함하는 다른 신호를 하나의 그룹으로 하여 디코딩하는 것을 특징으로 하는 다중 입출력 통신 시스템에서의 신호 처리 방법.

【도면】

【도 1】



【도 2】



【도 3】

